

**PEMBUATAN *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING CRANE*
SEBAGAI MODEL PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI
DENGAN PENDEKATAN RAPID PROTOTYPING**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1
pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik**

Oleh:

Wahyu Dwi Nugroho

D 600.150.052

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMBUATAN *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING CRANE*
SEBAGAI MODEL PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI
DENGAN PENDEKATAN RAPID PROTOTYPING**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

WAHYU DWI NUGROHO
D 600.150.052

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing


Ratnanto Fitriadi, S.T., M.T.
NIK. 889

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING CRANE*
SEBAGAI MODEL PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI
DENGAN PENDEKATAN RAPID PROTOTYPING

OLEH:

WAHYU DWI NUGROHO

D 600.150.052

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari *Jum'at, 09 Agustus 2019*

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ratnanto Fitriadi, S.T, M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Eko Setiawan, S.T., M.T., Ph.D
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Hari Prasetyo, S.T., M.T., Ph.D
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D.

NIK. 682

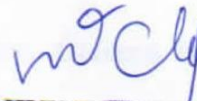
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 Agustus 2019

Penulis



WAHYU DWI NUGROHO

D 600.150.052

PEMBUATAN *TRAINER KIT MATERIAL HANDLING*
***CRANE* SEBAGAI MODEL PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI**
DENGAN PENDEKATAN *RAPID PROTOTYPING*

Abstrak

Perkembangan sistem otomasi industri dimulai pada abad ke-20, dimana sebagian besar perusahaan yang bergerak di industri manufaktur dituntut untuk dapat melakukan otomasi pada sistem produksi demi tercapainya aktivitas produksi yang aman dan efisien secara berkelanjutan. Crane adalah salah satu material handling yang sering digunakan pada aktivitas perpindahan material baik dalam skala industri maupun non industri. Rapid Prototyping adalah suatu teknik yang digunakan untuk membentuk sebuah produk dengan cara yang cepat dengan integrasi antara system CAD (Computer Aided Design) dan mesin dengan system Rapid Prototyping (3D Printer). Penelitian ini bertujuan untuk membuat trainer material handling crane dengan metode Rapid Prototyping, menggunakan sistem kendali berbasis Arduino. Hasil dari penelitian ini adalah pembuatan alat dan modul pembelajarannya.

Kata kunci : Rapid Prototyping, Crane, Arduino, Otomasi Industri, 3D Printer

Abstract

The development of industrial automation systems began in the 20th century, where most companies engaged in the manufacturing industry were required to be able to automate production systems in order to achieve safe and efficient production activities in a sustainable manner. Crane is one of the material handling that is often used in material transfer activities both on an industrial and non-industrial scale. Rapid Prototyping is a technique used to form a product in a fast way with integration between CAD (Computer Aided Design) systems and machines with Rapid Prototyping (3D Printer) systems. This study aims to make material handling crane trainers using the Rapid Prototyping method, using an Arduino-based control system. The results of this study are the making of learning tools and modules.

Keywords: Rapid Prototyping, Crane, Arduino, Industrial Automation, 3D Printer

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem otomasi industri dimulai pada abad ke-20, dimana sebagian besar perusahaan yang bergerak di industri manufaktur dituntut untuk dapat melakukan otomasi pada sistem produksi demi tercapainya aktivitas produksi yang aman dan efisien secara berkelanjutan. Otomasi adalah suatu teknologi yang berkaitan dengan aplikasi mekanik, elektronik, dan komputer didasarkan pada sistem untuk beroperasi dan mengendalikan produksi (Bagus dan Kholil, 2015).

Berkembangnya teknologi pada era modern saat ini mengakibatkan kebutuhan akan memindahkan suatu produk maupun part dengan beban yang berat dari satu tempat ke tempat yang lain menjadi aktivitas yang sangat penting. Crane adalah salah satu material handling yang sering digunakan pada aktivitas perpindahan material baik dalam skala industri maupun non industri.

Rapid Prototyping menjadi sangat populer setelah berkembangnya teknologi CAD (*Computer Aided Design*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Teknologi CAD mampu memudahkan proses slicing atau pengirisan layer-layer pada objek yang akan dibentuk menggunakan metode *Rapid Prototyping*. *Rapid Prototyping* adalah suatu teknik yang digunakan untuk membentuk sebuah produk dengan cara yang cepat dengan integrasi antara *system CAD (Computer Aided Design)* dan mesin dengan *system Rapid Prototyping (3D Printer, CNC)* (Andhy dan Wahyudi, 2017).

Mata kuliah otomasi industri saat ini sudah ditunjang dengan peralatan yang cukup mumpuni didukung dengan sistem kendali PLC (*Programmable Logic Controller*). Namun seiring dengan perkembangan teknologi, saat ini muncul sistem kendali dengan teknologi *micro* yang biasa disebut dengan *microcontroller*. *Arduino* adalah salah satu *microkontroler* yang populer digunakan saat ini. Fleksibilitas dan kemudahan *Arduino* mendukung munculnya ide – ide baru didunia *robotic* maupun *prototyping*.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut penelitian ini bertujuan untuk membuat trainer material handling *crane* dengan metode *Rapid Prototyping*, menggunakan sistem kendali berbasis *Arduino*. Hasil dari penelitian ini adalah pembuatan alat dan modul pembelajaranya.

1.1 Landasan Teori

1.1.1 *Material Handling*

Aktivitas mengangkat barang yang dilakukan oleh pekerja tanpa disadari dapat menyebabkan resiko cedera maupun penyakit apabila pekerjaan tersebut tidak dilakukan dengan benar secara berulang – ulang. Pemindahan material secara teknis dapat dilakukan dengan sebagai berikut:

- a) Memindahkan suatu beban yang berat menggunakan ban berjalan (*roller*).
- b) Meletakkan benda kerja pada permukaan yang tinggi dan menurunkan dengan bantuan gaya grafitasi,
- c) Menggunakan peralatan untuk mengangkat *material* dengan beban yang berat, misalnya menggunakan *forklift* atau *crane*.
- d) Merancang *Overhead Monorail* dan *Hoist* sehingga dapat dilakukan gerakan *vertical* maupun gerakan *horizontal* pada saat melakukan pemindahan material.
- e) Mendesain tempat benda kerja yang disertai *handle* yang ergonomis sehingga memudahkan saat dilakukan pemindahan *material*.

1.1.2 *Rapid Prototyping*

Rapid Prototyping adalah suatu teknik yang digunakan untuk membentuk dan merakit sebuah produk dengan cara yang cepat, integrasi antara *system CAD (Computer Aided Design)* dan mesin dengan sistem *Rapid Prototyping (3D Printer, CNC)* (Rinanto dan Sutopo, 2017).

Teknik ini bekerja dengan menambahkan *layer by layer* sesuai dengan irisan yang telah diolah dengan CAD sehingga akan menghasilkan produk yang sesuai dengan produk yang diinginkan. Beberapa keuntungan menggunakan *Rapid Prototyping* adalah:

- a) Dapat membentuk geometri tiga dimensi dari desain yang rumit dan kompleks.

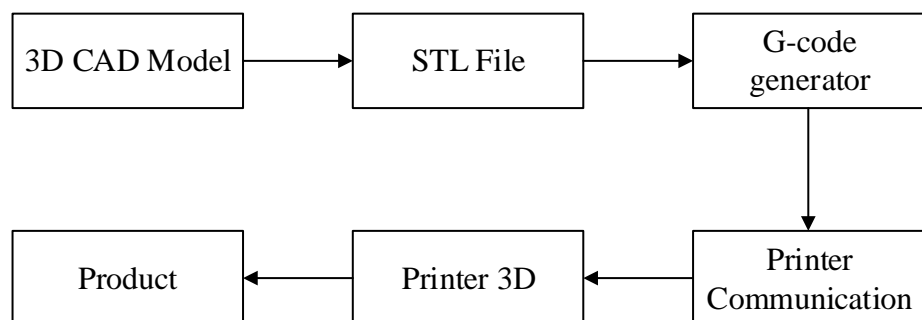
- b) Bekerja secara otomatis karena diolah berdasarkan *modeling* dari *CAD (Computer Aided Design)*.
- c) Campur tangan manusia minimum atau bahkan tidak ada sama sekali dalam proses pengerjaan.
- d) *Prototype* yang dihasilkan akurat dengan waktu dan biaya minimal.

Beberapa metode *Rapid Prototyping* diantaranya adalah :

- a) *Stereolithography*
- b) *Laminated Object Manufacturing*
- c) *Selective Laser Sintering*
- d) *Fused Deposition Modelling*
- e) *Solid Ground Curing*
- f) *3D ink jet printing*

1.1.3 3D Printer

3D Printer bekerja dengan prinsip *Rapid Prototyping*, dimana proses pembuatan dilakukan *layer by layer*. Teknik fabrikasi pada 3D Printer menggunakan Teknik FDM (*Fused Deposition Model*). Berikut ini merupakan skema pembuatan produk menggunakan 3D Printer:



Gambar 1. Skema Pembuatan Produk dengan 3D Printer

1.1.4 Arduino MEGA

Arduino MEGA merupakan sebuah papan mikrokontroler dengan chip ATmega 2560. *Arduino MEGA* mempunyai 54 pin digital input maupun output dengan 15 diantaranya adalah pin PWM, sedangkan untuk pin analog tersedia sebanyak 16 pin. *Microkontroler* ini mampu bekerja pada tegangan 6 sampai 20 *Volt* dengan arus DC 2

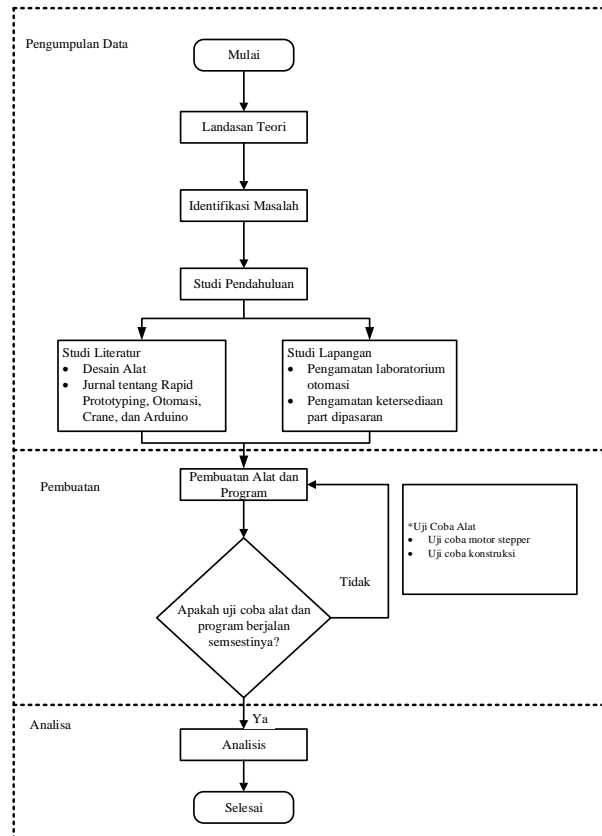
mA per pinnya, sedangkan pada pin 3.3 Volt mempunyai arus listrik hingga 50 mA. *Arduino MEGA* dibekali RAM sebesar 8 KB dan flash memory sebesar 256 KB, 8 KB digunakan untuk *bootloader*. *Arduino MEGA* mempunyai *Clock Speed* sebesar 16 MHz. *Microkontroler* ini menggunakan konektor *USB Type-B Standard* untuk transfer data sekaligus sebagai sumber arus listrik.

1.1.5 Sensor Ultrasonik

Sensor *Ultrasonic* adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (suara) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja dari sensor *ultrasonic* adalah dengan didasarkan pada prinsip pantulan gelombang (*ultrasonic*) suara yang kemudian ditafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Gelombang *ultrasonic* memiliki frekuensi yang tinggi yaitu 20.000 Hz (Limantara et al., 2017).

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan pendekatan metode *Rapid Prototyping* dengan teknik *Fused Deposition Modeling* (FDM) atau *3D Printer*, untuk membuat *trainer crane* sistem kendali *Arduino*.



Gambar 2. Metodologi Penelitian

2.1 Observasi dan Pengumpulan Data

Studi pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan untuk mendukung penelitian. Studi pendahuluan yang dilakukan peneliti dibagi menjadi dua bentuk yaitu studi literatur, dan studi lapangan.

- Studi literatur diawali dengan memahami karakteristik maupun tingkat kesulitan dari desain *Part – part* yang akan dibuat, desain didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti lain sehingga perlu dilakukan pemahaman terlebih dahulu.
- Studi lapangan digunakan untuk mendapatkan informasi yang mendukung pembuatan *trainer crane* sistem kendali *Arduino*, dengan mempertimbangkan alat – alat yang tersedia di laboratorium otomasi industri, laboratorium teknik industri maupun dipasaran.

2.2 Pembuatan

Pada tahap ini dilakukan realisasi dari desain yang telah didapatkan dari peneliti lain untuk dibuat dalam bentuk *trainer crane*. Tahapan selanjutnya adalah membuat program agar alat dapat bekerja secara skematis dengan bantuan sensor *ultrasonic* sebagai pengganti manusia sebagai operator sesuai dengan prinsip otomasi industri.

2.3 Pengujian

Setelah dilakukan pembuatan *prototype* maka selanjutnya dilakukan uji coba dari sisi alat maupun program yang telah dibuat, apakah sudah berfungsi sebagaimana mestinya.

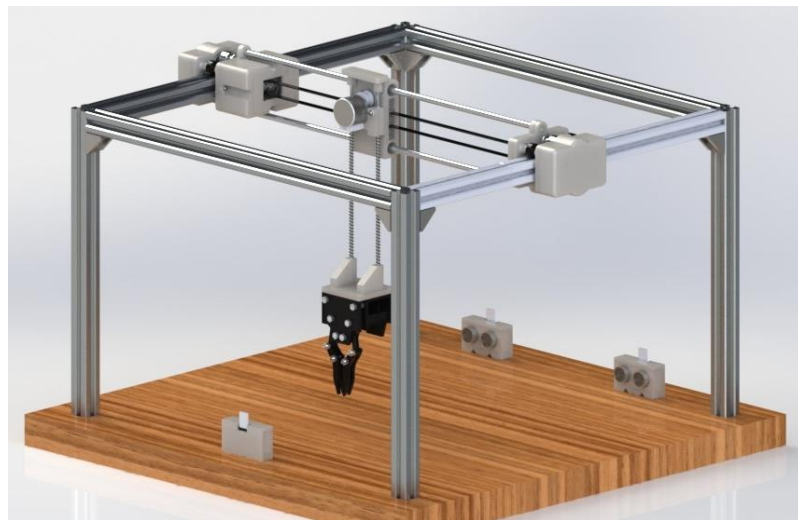
2.4 Analisa

Analisa dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari *trainer material handling crane* setelah dilakukan pembuatan. Analisa diperlukan untuk mengetahui hal – hal apa saja yang menjadi nilai tambah dari *trainer kit material handling crane*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah produk *trainer material handling crane* yang akan digunakan sebagai media pembelajaran di laboratorium otomasi industri. Komponen – komponen penyusun produk pada penelitian ini merupakan referensi dari penelitian tersebut.

3.1 Desain Alat



Gambar 3. Desain Alat

Konsep dari rancangan *trainer material handling* tersebut adalah untuk mensimulasikan aktivitas pemindahan benda pada *sistem overheadcrane* dengan bantuan 3 buah sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik berfungsi sebagai kontrol pada proses loading dan unloading. Sistem kerja dari trainer ini adalah apabila ultrasonik 1 mendeteksi benda berada didepanya maka *crane* akan menghampiri dan mengambil benda tersebut, selanjutnya benda yang telah diambil akan dibawa menuju ultrasonik 1 atau ultrasonik 2 tergantung area mana yang kosong, namun apabila tidak ada area yang kosong maka *crane* akan berada pada posisi *stand by*.

3.2 Pembuatan Alat

Pembuatan komponen dilakukan dengan metode *Rapid Prototyping* menggunakan 3D Printer dengan spesifikasi *Prusa i3*. Printer tersebut dikendalikan melalui *software Repetier Host*. Berikut ini adalah langkah – langkah menggunakan *Repetier Host* dalam melakukan *printing* komponen.

- a) Membuka *software Repetier Host*.
 - b) Membuka *file 3D* yang sebelumnya telah dirancang dan disimpan pada format *.STL* melalui ***File – Load – Pilih file - Open***.
 - c) Mengatur posisi *object* untuk memudahkan proses *printing* melalui tab ***Object Placement – Rotate Object – Mengubah sumbu x, y, z*** sehingga didapatkan posisi yang tepat.
 - d) Melakukan *Slicing* untuk mendapatkan *g-code* sebagai komunikasi yang akan dikirim *Retier Host* menuju *3D Printer* melalui tab ***Slicer – Pilih CuraEngine – Slice with CuraEngine***.
 - e) Memulai proses *printing* komponen melalui tab ***Print preview – Print***.
- Berikut ini merupakan aktivitas produksi menggunakan metode *rapid prototyping* menggunakan *3D printer*:

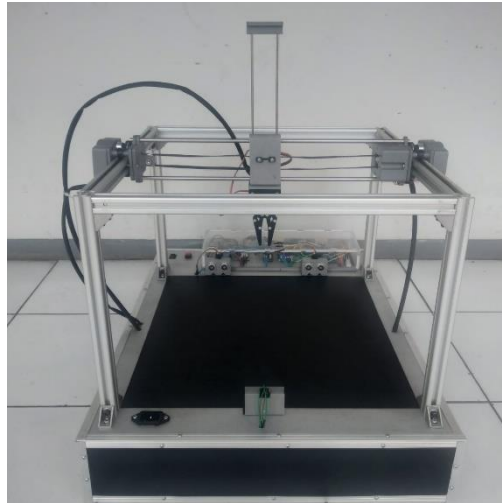
Tabel 1. Data Hasil Printing

Part	Layer	Filament	Waktu	Jumlah	Layer	Total Filament (mm)	Waktu
Case sensor A	60	3406	01:03:18	3	180	10218	03:09:54
Case sensor B	75	2807	00:57:35	3	225	8421	02:52:45

Cover Motor	100	11667	03:34:12	2	200	23334	07:08:24
Gripper Belt	48	835	00:15:50	2	96	1670	00:31:40
Holder Down	140	7915	02:26:46	1	140	7915	02:26:46
Holder Up	80	3837	01:10:26	1	80	3837	01:10:26
Middle Motion Part A	155	16518	05:04:55	1	155	16518	05:04:55
Back And Forth Part B	63	7395	02:17:12	2	126	14790	04:34:24
Back And Forth Rope Pulley Stand	62	5730	01:46:52	2	124	11460	03:33:44
Cover Motor Stand Pulley Fix	45	507	00:09:36	1	45	507	00:09:36
	180	18454	05:48:16	1	180	18454	05:48:16
	125	8609	02:38:58	1	125	8609	02:38:58
Total				20	1676	125733	39:09:48

3.3 Operation Procces Chart

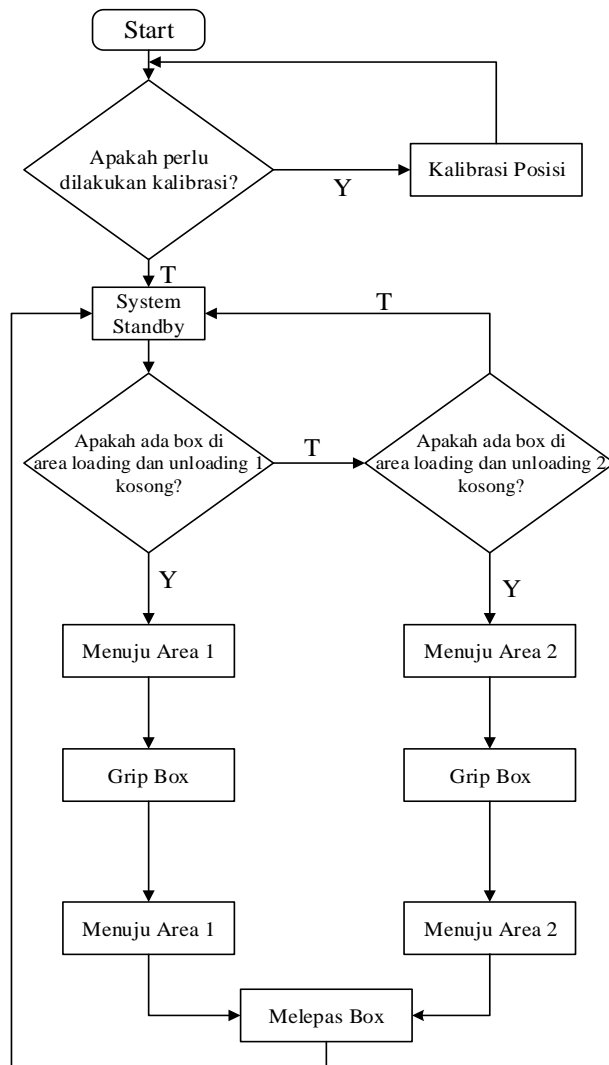
OPC atau *operation process chart* dibuat untuk mengetahui proses maupun operasi yang dilakukan dalam pembuatan *trainer material handling crane*. OPC menampilkan informasi mengenai bagaimana suatu komponen dibuat termasuk urutan *assembly* atau perakitannya. Pada tahap ini langkah pertama yang dilakukan adalah mengkonversi file dari bentuk *.sldprt* menjadi file berformat *.stl*. Tujuannya adalah agar dapat dibaca *software repetier host*. Langkah berikutnya adalah melakukan *slicing* atau *generate gcode* yang akan digunakan pada proses *printing*. *Slicing* dilakukan menggunakan *software repetier host* dengan konfigurasi *curaengine*. *Gcode* yang telah didapat akan dibaca *software* pada proses *printing*. Langkah berikutnya adalah melakukan *finishing* pada *part* dan terakhir akan dilakukan inspeksi untuk mengetahui apakah komponen yang telah dibuat sesuai dengan desain yang diinginkan.



Gambar 4. *Trainer Kit Material Handling*

3.4 Perancangan Diagram Skuensial Aliran Proses

Pada saat program dihidupkan terdapat opsi untuk melakukan kalibrasi posisi atau tidak, kalibrasi posisi ini bertujuan untuk mereset titik *crane* pada X sama dengan nol, Y sama dengan nol, dan Z sama dengan nol. Langkah berikutnya adalah sistem akan berada pada kondisi stand by menunggu *sensor* pada area *loading* mendeteksi adanya *box* yang datang. *Box* yang datang pada area *loading* akan terdeteksi *sensor* ultrasonik, *sensor* tersebut akan memerintahkan *crane* menuju titik area loading dan melakukan pengambilan barang dengan menjepit *box* tersebut. *Sensor* pada area *unloading* 1 dan 2 akan memberitahukan area mana yang dapat dilakukan *unloading box*, apabila area *unloading* 1 masih terdapat *box* maka *crane* akan menuju ke area *unloading* 2, namun apabila area *unloading* 1 maupun 2 masih terdapat *box* maka *crane* akan menunggu hingga salah satu dari kedua tempat tersebut kosong. Setelah proses *unloading* selesai, maka *crane* akan menuju titik X sama dengan nol, Y sama dengan nol, dan Z sama dengan nol untuk kembali pada posisi *stand by* kembali. Proses kalibrasi harus dilakukan kembali apabila posisi *stand by* *crane* berubah dari titik awal atau tidak sama dengan nol pada sumbu X, Y, dan Z.



Gambar 5. Skuensial Aliran Proses

3.5 Pengujian Alat

Proses pengujian kecepatan motor dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan hasil aktual yang terjadi di lapangan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kecepatan Aktual Motor Stepper

	Perhitungan	Aktual
Sumbu X	12.50 mm/s	11.56 mm/s
Sumbu Y	12.50 mm/s	11.06 mm/s
Sumbu Z	12.50 mm/s	11.70 mm/s

Tabel 3. Hasil Pengujian Aktual Waktu Tempuh

	Perhitungan	Aktual 1	Aktual 2	Aktual 3	Rata - rata
Sumbu X 365 mm	29.06 s	31.57 s	31.72 s	31.45 s	31.58 s
Sumbu Y 280 mm	24.20 s	25.56 s	25.11 s	25.24 s	25.30 s
Sumbu Z 140 mm	11.14 s	11.84 s	12.03 s	11.88 s	11.91 s

Tabel 4. Pengujian Tingkat Ketelitian

	Perhitungan	Aktual
Sumbu X	0.58875 mm	0.66 mm
Sumbu Y	0.58875 mm	0.65 mm
Sumbu Z	0.58875 mm	0.68 mm

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian Pembuatan *Trainer Material Handling Crane* Sebagai Model Pembelajaran Otomasi Industri dengan Pendekatan *Rapid Prototyping* yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- a) Proses produksi dengan menggunakan metode *rapid prototyping* dapat dilakukan pada komponen: *Part A Back and Forth* sebanyak 2 pcs, *Part B Back and Forth* sebanyak 2 pcs, *Cover Motor* sebanyak 2 pcs, *Stand Cover Motor* sebanyak 1 pcs, *Middle Motion* sebanyak 1 pcs, *Gripper Belt* sebanyak 2 pcs, *Stand Pulley Fix* sebanyak 1 pcs, *Holder Up* sebanyak 1 pcs, *Rope pulley* sebanyak 1 pcs, dan *Holder Down* sebanyak 1 pcs. Komponen lainnya tidak diproduksi dengan metode *rapid prototyping* karena terkendala dari kemampuan *3D Printer* yang berada di lab. Otomasi industri.
- b) Sistem akan berada pada kondisi *stand by* menunggu *sensor* pada area *loading* mendeteksi adanya *box* yang datang. *Box* yang datang pada area *loading* akan terdeteksi *sensor* ultrasonik, *sensor* tersebut akan memerintahkan *crane* menuju titik area *loading* dan melakukan pengambilan barang dengan menjepit *box* tersebut. *Sensor* pada area *unloading* 1 dan 2 akan memberitahukan area mana yang dapat dilakukan *unloading* box, apabila area *unloading* 1 masih terdapat *box* maka *crane*

akan menuju ke area *unloading* 2, namun apabila area *unloading* 1 maupun 2 masih terdapat *box* maka *crane* akan menunggu hingga salah satu dari kedua tempat tersebut kosong. Setelah proses *unloading* selesai, maka *crane* akan menuju titik X sama dengan nol, Y sama dengan nol, dan Z sama dengan nol untuk kembali pada *posisi stand by* kembali.

- c) Program dibuat dengan *software Arduino IDE* dengan Bahasa pemrograman *Microsoft C++*. *Script* pemrograman dalam bentuk utuh terdapat pada lampiran X.
- d) Modul mengenai cara penggunaan alat *3D Printer* dan *Trainer Material Handling Crane* disusun guna memudahkan mahasiswa dalam proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, A.D. 2018. *Teknologi CAD/CAM/CAE dan Rapid Prototyping dalam Industri Manufaktur*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Bagus, A., dan Kholil, M. 2015. Sistem Otomasi Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Dengan Metode Spc Pada Line Finishing, 3(3), 141–149. Retrieved from journal.untar.ac.id/index.php/industri/article/view/465
- Limantara, A. D., Cahyo, Y., Purnomo, S., dan Mudjanarko, S. W. 2017. Pemodelan Sistem Pelacakan LOT Parkir Kosong Berbasis Sensor Ultrasonic Dan Internet Of Things (IOT) Pada Lahan Parkir Diluar Jalan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*. 1(2) :1–10.
- Rinanto, A., dan Sutopo, W. 2017. Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping: Study Literatur. *Jurnal Metris*. 18 (2017) : 105–112. Retrieved from <http://ojs.atmajaya.ac.id/index.php/metris>